

VŠB – Technická Univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Využití solární energie pro ohřev malého bazénu

Solar Energy Utilization for Swimming Pool Water  
Heating

Student:

Lukáš Mosler

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Mosler**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3907R004 Provoz a řízení v energetice  
Téma: **Využití solární energie pro ohřev malého bazénu**  
**Solar Energy Utilization for Swimming Pool Water Heating**

### Zásady pro vypracování:

Navrhnete solární systém pro ohřev malého bazénu u rodinného domu s využitím přímého slunečního záření.

Práce bude obsahovat:

1. Popis způsobů využívání solární energie pro ohřev bazénů a příklady jeho využití.
2. Bilanční a kapacitní výpočty.
3. Návrh systému, způsobu jeho provozování, dispoziční řešení.
4. Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - Schéma zapojení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998 . 102 s. ISBN 80–7078–445–8.

CIHELKA, J. Solární tepelná technika. Praha: Malina, 1994 . 203 s. ISBN 80–900759–5–9.

TURNER, W., C. Energy Management Handbook. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0–13–728098–X.

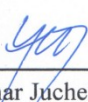
HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol.. Solárna energia a jej využitie. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě: 20. 5. 2011

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2011

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Lukáš Mosler

Adresa trvalého pobytu autora práce: Karla Čapka 14, Krnov, 794 01

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

MOSLER, L. *Využití solární energie pro ohřev malého bazénu : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2011, 35 s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

Bakalářská práce se zabývá ohřevem vody ve venkovním bazénu pomocí solárního zařízení. V úvodu jsou srovnány různé typy solárních absorberů a na základě tohoto zjištění je vybrán ten, který má vyhovující vlastnosti. Následně je vhodně dimenzován tak, aby dokázal pokrýt tepelné ztráty, a tím i zvýšit teplotu vody ve venkovním bazénu. Systém je vyhodnocen z ekonomického a environmentálního hlediska, které vyšlo velmi příznivě. Dle výpočtů bylo zjištěno, že absorbery dokážou pokrýt tepelné ztráty a zároveň zvýšit teplotu vody za příznivého počasí v období od začátku května do konce září.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

MOSLER, L. *Solar Energy Utilization for Swimming Pool Water Heating : Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical engineering, Department of Energetics, 2011, 35 p. Thesis head: Vrtek, M.

This final thesis deals with heating the water up in the outdoor pool using solar radiation. At the beginning various types of solar absorbers are compared and based on this finding the one with matching attributes is chosen. Then is appropriately rated for covering the lost of heat and thus increase water temperature in the outdoor pool. The system is evaluated from an economic and environmental aspect which came out very positive. According to calculations we find out that absorbers can cover the heat loss and also can increase the water temperature during favorable weather in the period from the start of May until the end of September.

## OBSAH:

<b>1. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A INDEXŮ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>3. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....</b>	<b>4</b>
3.1. VÝZNAM SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ PRO ŽIVOT NA ZEMI .....	4
<b>4. ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ .....</b>	<b>6</b>
4.1. PŘÍMÉ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	6
4.2. DIFUZNÍ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	7
4.3. CELKOVÉ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	7
4.4. TEORETICKÉ MNOŽSTVÍ ENERGIE.....	7
4.5. SKUTEČNÉ MNOŽSTVÍ ENERGIE .....	8
4.6. INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ V ČR.....	9
<b>5. OHŘEV BAZÉNOVÉ VODY .....</b>	<b>10</b>
5.1. DIMENZOVÁNÍ SYSTÉMU .....	11
<b>6. DRUHY KOLEKTORŮ .....</b>	<b>13</b>
6.1. PLASTOVÉ ABSORBÉRY .....	13
6.2. DALŠÍ TYPY ABSORBÉRŮ.....	14
<b>7. BILANČNÍ A KAPACITNÍ VÝPOČTY.....</b>	<b>16</b>
7.1. ZTRÁTA TEPLA VÝPAREM VODY Z HLADINY.....	17
7.2. MNOŽSTVÍ ODPÁŘENÉ VODY .....	18
7.3. TEPLLO DODANÉ PRO OHŘÁTÍ VODY PO VYPAŘENÍ .....	18
7.4. ZTRÁTA TEPLA RADIACÍ.....	18
7.5. ZTRÁTA TEPLA KONVEKCI.....	18
7.6. TEPELNÉ ZTRÁTY BAZÉNU .....	19
7.7. STANOVENÍ SKUTEČNÉHO MNOŽSTVÍ DOPADAJÍCÍHO ZÁŘENÍ NA PLOCHU DANÉ ORIENTACE .....	19
7.8. OKAMŽITÁ EFEKTIVITA SYSTÉMU .....	19
7.9. STANOVENÍ AKTIVNÍ PLOCHY ABSORBÉRU .....	19
7.10. MAXIMÁLNÍ SEZÓNÍ ZISK.....	20
7.11. SKUTEČNÝ SEZÓNÍ ZISK.....	20
7.12. TEPLOTA VODY V BAZÉNU .....	20
7.13. STŘEDNÍ TEPLOTA KOLEKTORU .....	20
7.14. ÚČINNOSTNÍ CHARAKTERISTIKA ABSORBÉRU.....	21
<b>8. EKONOMICKÉ A ENVIROMENTÁLNÍ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>22</b>
8.1. CENA SYSTÉMU.....	22
8.2. SROVNÁNÍ CEN SYSTÉMŮ .....	22
8.3. NÁVRATNOST .....	23
8.4. SROVNÁNÍ Z HLEDISKA CENY PALIVA .....	23

8.5.	<i>POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ Z ENVIROMENTÁLNÍHO HLEDISKA</i> .....	24
<b>9.</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU</b> .....	<b>26</b>
9.1.	<i>SCHÉMA ZAPOJENÍ</i> .....	26
9.2.	<i>TECHNICKÁ SPECIFIKACE KOLEKTORU</i> .....	26
9.3.	<i>PROVOZOVÁNÍ SYSTÉMU</i> .....	27
<b>10.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>29</b>
<b>11.</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>30</b>
<b>12.</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>34</b>

## 1. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A INDEXŮ

$A_p$	plocha hladiny bazénu	$m^2$
$AF$	faktor aktivity, pro venkovní bazény	1
$c$	měrná tepelná kapacita vody	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
$h_b$	výška hladiny bazénu	$m$
$h_m$	konstantní výška měření rychlosti větru	$m$
$I_o$	přímé sluneční záření	$W.m^{-2}$
$I_D$	difuzní sluneční záření	$W.m^{-2}$
$I_C$	celkové sluneční záření	$W.m^{-2}$
$m$	hmotnost vody v bazénu	$kg$
$m_{odp}$	množství odpařené vody	$kg.h^{-1}$
$n$	počet kolektorů	1
$N$	počet plavců na $10 m^2$ plochy bazénu	1
$p_{da}$	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	$Pa$
$p_{dw}$	parciální tlak vodní páry na hladině bazénu	$Pa$
$P$	celková ztráta tepla	$W$
$P_c$	ztráta tepla konvekci	$W$
$P_e$	ztráta tepla výparem z vodní hladiny	$W$
$P_r$	ztráta tepla radiací	$W$
$Q_{max}$	maximální sezónní zisk	$W.h$
$Q_{odp}$	teplo dodané pro ohřátí vody po vypaření	$W$
$Q_{skut}$	skutečné množství dopadajícího záření	$W.h.m^{-2}$
$Q_{sys}$	energie systému	$W.h$
$Q_{sz}$	skutečný zisk systému	$W.h.m^{-2}$
$Q_{teor}$	teoretické množství dopadajícího záření	$W.h.m^{-2}$
$Q_z$	solární zisk	$W.h$
$S$	aktivní plocha absorberu	$m^2$
$S'$	celková aktivní plocha absorberů	$m^2$
$t_{stř}$	střední teplota kolektoru	$^{\circ}C$
$T_a$	teplota vzduchu	$^{\circ}C$



$T_{adp}$	teplota rosného bodu vzduchu	$^{\circ}C$
$T_a$	teplota vzduchu	$^{\circ}C$
$T_p$	teplota vody v bazénu	$^{\circ}C$
$T_{sky}$	teplota oblohy	$^{\circ}C$
$T_w$	teplota vody z vodní trakce	$^{\circ}C$
$v$	rychlost větru	$m.s^{-1}$
$v_a$	korigovaná rychlost větru	$m.s^{-1}$
$Z$	součinitel znečištění atmosféry	$W.m^{-2}$
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$W.m^{-2}.K^{-1}$
$\beta$	korekční součinitel vlivu záření par	$W.m^{-2}.K^{-1}$
$\varepsilon$	součinitel emisivity	1
$\sigma$	Stefan-Boltzmanova konstanta	$W.m^{-2}.K^{-4}$
$\eta$	účinnost absorberu	1

## 2. ÚVOD

Ohřev vody pomocí solární energie se v dnešní době pozvolna rozmáhá. Nepoužívá se už jen v rodinných domech na ohřev teplé užitkové vody, ale také jako ohřev vody pro bazény, a to jak u velkých zastřešených, tak i u menších zahradních, které mnoho lidí vlastní. Zejména v období, kdy venkovní teploty ještě nejsou zcela vhodné ke koupání, nám tento způsob ohřevu vody může prodloužit koupací sezónu, což mnoho vlastníků bazénu ocení.

Na trhu je velké množství různých typů či provedení solárních kolektorů a absorbérů. Pro menší typy venkovních bazénů jsou vhodnější již výše zmíněné absorbéry, které mají nižší cenu, díky tomu, že nejsou využívány celoročně jako kolektory, a proto mohou být vyrobeny z levnějších materiálů.

Tato práce se bude zabývat bazénem kruhové typu o průměru 3,5 metru. Výška vody se pohybuje v rozmezí 80-100 cm a objem vody je tedy 8 660 litrů. Bazén je umístěn na nezastíněném místě s nezakrytou hladinou. Cílem práce bude výběr vhodného typu kolektoru, navrhnutí a dimenzování systému a v neposlední řadě vyhodnocení z ekonomického a environmentálního hlediska.

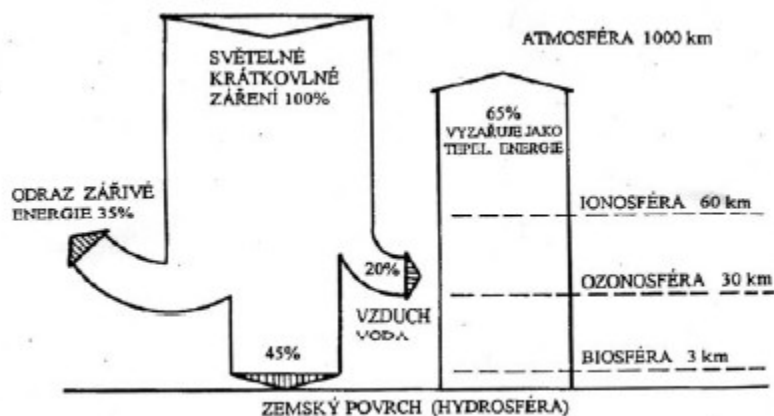
### 3. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Sluneční energie je nejdůležitější formou energie, bez které by život na naší planetě nebyl možný. Přímou či nepřímou na ní závisí všechny děje odehrávající se na Zemi. Dopadající záření je z větší části naší planetou zachyceno, z menší části se odráží zpět do kosmického prostoru. Absorbovaná energie prochází různými přeměnami. Tyto přeměny jsou nezbytnou podmínkou života na Zemi a tedy také života člověka. Stáří Slunce se odhaduje na 4,6 miliard let a jeho životnost na dalších ještě 10 miliard let. Vzhledem k tomu, že z hlediska existence lidstva je to nepředstavitelně dlouhá doba, můžeme tento zdroj energie bez nadsázky označovat jako nevyčerpatelný. Zdrojem energie Slunce je přeměna vodíku v helium termionukleárními reakcemi probíhajícími ve středových oblastech Slunce při teplotě  $13 \cdot 10^6$  K a hustotě  $10^5 \text{ kg.m}^{-3}$ , tj. za stavu, kdy všechny atomy jsou zcela ionizovány. Héliová jádra a volné elektrony se intenzivně pohybují. Srážky protonů končí jejich zachycením a přeměnou na těžší jádra, při čemž se uvolní vazbová energie. Úbytek hmotnosti je doprovázen vývinem energie  $4,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ . [1]

#### 3.1. VÝZNAM SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ PRO ŽIVOT NA ZEMI

Slunce je zdrojem zářivé energie v celém rozsahu spektra od nejmenších vlnových délek až po rádiové záření. Světelné a infračervené záření je však nejčetnější. Z celkového toku zářivé energie dopadá na povrch zemské atmosféry jen minimální množství energie, rovněž nepatrná část je zachycena ostatními planetami. Zbývající tok záření tj. téměř celý tok vyzařované sluneční energie uniká do mezihvězdného a mezigalaktického prostoru. Pro život na Zemi má však význam jen ta nepatrná část, kterou naše planeta zachytí.

Zemská atmosféra sahá až do výšky přes 1 000 km, což je přibližně šestina zemského poloměru. Je to tedy poměrně tenká vrstva, která je velmi řídce vyplněna vzduchem. V nejnižších vrstvách atmosféry (v troposféře), kde je soustředěno více než 65 % z celkové hmoty vzduchu, dochází k pohlcování slunečního záření vodní parou, oxidem uhličitým, prachem a kapkami vody v mracích. Z celkového toku energie se v atmosféře pohltí 20 % (obr. 3.1). Kromě toho se značná část slunečního záření (35 %) odráží od mraků, částíček prachu a od zemského povrchu zpět do vesmíru, takže do procesů na povrchu Země nezasáhne.



Obr. 3.1 rozložení záření při dopadu na Zemi[2]

Sluneční energie pohlcená zemským povrchem (45 %) prochází různými přeměnami:

a) Záření pohlcené zemským povrchem se mění v teplo. Teplo se pak z povrchu Země vyzařuje jako infračervené záření. Pro toto záření je atmosféra z větší části nepropustná. Vyzářené teplo se ve vzduchu přítomnými víceatomovými plyny ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ) absorbuje a to pak vede k trvalému zvýšení teploty zemského povrchu (jde o tzv. skleníkový efekt).

b) Značné množství energie dopadající na rozsáhlé hladiny oceánů se spotřebuje na vypařování vody (latentní teplo). Vzestupnými proudy vzduchu je vodní pára vynášena nahoru, kde v chladnějších vyšších vrstvách atmosféry kondenzuje, a tím předává svoje skupenské teplo okolnímu vzduchu.

c) Vzduch zahřátý od povrchu Země stoupá nahoru a na jeho místo proudí těžší chladný vzduch. Tak vznikají větry, jejichž kinetická energie mající důvod ve sluneční energii je značná. Tento výkon Slunce trvale dodává do atmosférické cirkulace. Je to asi 1 % z celkového toku sluneční energie zachycené povrchem Země. Atmosférická cirkulace vyvolaná slunečním zářením je pro život na Zemi velmi důležitá. Větry přenášejí teplo z tropů a subtropů do chladnějších oblastí, přenášejí vlhkost z oceánů na pevninu a na místo znečištěného vzduchu přináší do velkých měst vzduch čistý.

d) Složitými přeměnami prochází sluneční energie v biosféře. Ze slunečního záření dopadajícího na Zemi připadá na biologické reakce probíhající v biosféře pouze 1 %, avšak toto nepatrné množství je nezbytně nutné pro zachování života na Zemi. [3]

## 4. ENERGIE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

### 4.1. PŘÍMÉ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Přímé sluneční záření  $I_p$  dopadající až na zemský povrch je v důsledku absorpce záření víceatomovými plyny a rozptylu paprsku po odrazu o molekuly plynu a prach jen části toku zářivé energie  $I_0=1\,360\text{ W.m}^{-2}$ .

Mírou omezení je součinitel znečištění (zakalení) atmosféry  $Z$ .

$Z = 2,0$	místa nad 2 000 m
$Z = 2,5$	místa nad 1 000 m
$Z = 3,0$	venkov bez průmyslových exhalací
$Z = 4,0$	města a průmyslová střediska
$Z = 5,0$	silně znečištěné prostředí (krátkodobě až 8)

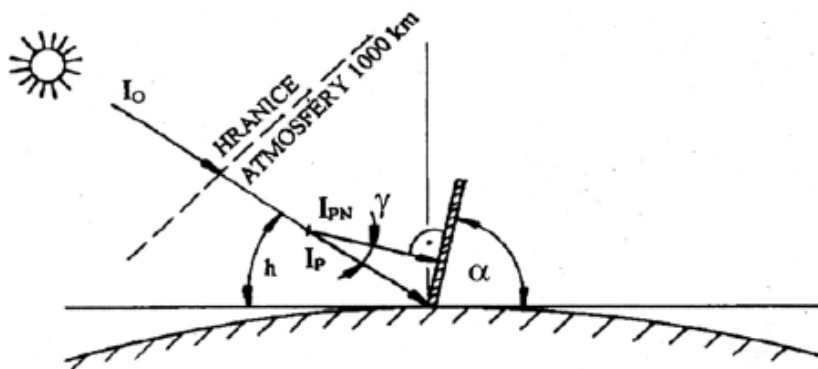
Na zemském povrchu je intenzita přímého slunečního záření dopadajícího kolmo k paprskům

$$I_{PN} = I_0 \cdot A^{-Z} \quad (\text{W.m}^{-2})$$

$A$  je součinitel, který závisí na výšce Slunce nad obzorem. Na plochu zemského povrchu dopadá energie slunečního záření pod úhlem  $\gamma$  o intenzitě

$$I_p = I_{PN} \cdot \cos \gamma \quad (\text{W.m}^{-2})$$

Úhel dopadu  $\gamma$  v této rovnici svírají paprsky slunečního záření s normálou osluněné plochy. Pokud je poloha osluněné plochy konstantní, mění se úhel  $\gamma$  v závislosti na čase (poloze slunce). [2]



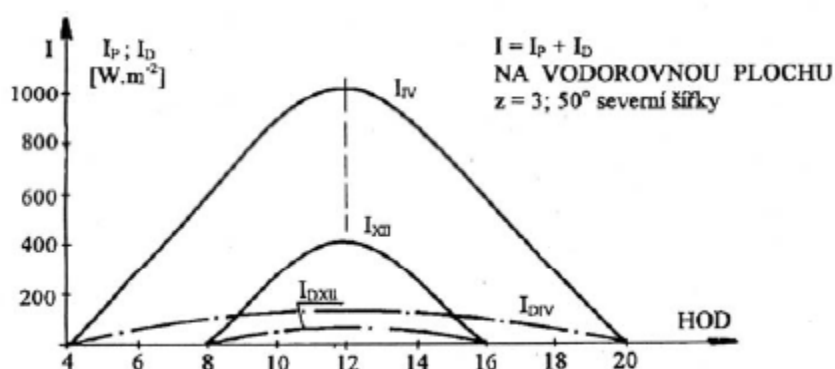
Obr.4.1 Úhel dopadu slunečních paprsků[2]

## 4.2. DIFUZNÍ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Difuzní sluneční záření  $I_D$  dopadá k zemskému povrchu se stejnou vlnovou délkou jako přímé sluneční záření. Intenzita difuzního záření vzrůstá se součinitelem  $Z$ , zpravidla nepřevyšuje hodnotu  $100 \text{ W.m}^{-2}$  při  $Z = 3$ . S rostoucím zakalením atmosféry výsledná intenzita záření klesá. [2]

## 4.3. CELKOVÉ SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Skládá se ze záření přímého a difuzního  $I = I_p + I_D$  ( $\text{W.m}^{-2}$ ) [1]



Obr. 4.3 Intenzita celkového slunečního záření na svislou plochu orientovanou na jih [2]

## 4.4. TEORETICKÉ MNOŽSTVÍ ENERGIE

Teoretické množství energie  $Q_{TD}$  dopadající na osluněnou plochu za den, je pro různé zeměpisné šířky zpracované tabelárně v závislosti na roční době, sklonu kolektoru  $\alpha$  a součiniteli znečištění  $Z$ .

Tabulka 4.4.1 teoretické množství  $Q_{TD}$  na  $50^\circ$  severní zeměpisné šířky při součiniteli znečištění  $Z = 3$  a orientaci na jih [2]

$Q_{TD} (\text{kWh.m}^{-2}.\text{den}^{-1})$							
$\alpha (^\circ)$	XII	I XI	II X	III IX	IV VIII	V VII	VI
0	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
30	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
60	3,00	3,71	5,26	6,44	7,41	8,06	8,48
90	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Z těchto údajů lze vyčíst, že optimální úhel  $\alpha$  se mění. V létě je  $\alpha_{\text{opt}} = 30^\circ$ , v zimních obdobích  $\alpha_{\text{opt}} = 60^\circ$ .

K zachycení co možná největšího množství  $Q_{\text{TDmax}}$  se kolektory, které jsou stabilně nasměrované na jih, natáčení kolem vodorovné osy. V praxi postačí dvě polohy

$\alpha = 30^\circ$  (až  $45^\circ$ ) pro letní provoz,

$\alpha = 60^\circ$  (až  $90^\circ$ ) pro zimní provoz.

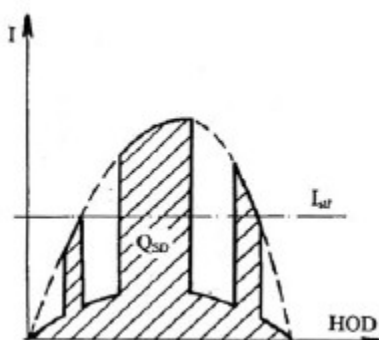
Jestliže jsou kolektory uloženy otočně kolem dvou os, aby na osluněnou plochu dopadalo sluneční záření kolmo, dosáhne teoretické množství dopadající energie následujících hodnot viz tabulka 3.2. [2]

Tabulka 4.4.2 Teoretické množství  $Q_{\text{TD}}$  na plochu neustále se otáčející za Sluncem [2]

$Q_{\text{TD}} (\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1})$						
XII	I	II	III	IV	V	VI
	XI	X	IX	VIII	VII	
3,50	4,30	6,25	8,84	11,30	13,09	13,95

#### 4.5. SKUTEČNÉ MNOŽSTVÍ ENERGIE

Omezuje jej poměrná doba slunečního svitu  $X$ . Při zatažené obloze dopadá na sběrače pouze difuzní světlo, které však kolektory zpravidla samotné nezachytí.



Obr. 4.5 Průběh intenzity slunečního záření během dne se střídavou oblačností [2]

Poměrná doba slunečního svitu v ČR mění podle ročního období v rozmezí od  $X=0,14$  (prosinec Praha) do  $X = 0,62$  (červenec Brno). Z těchto hodnot byla pro plochu

orientovanou na jih zpracována tabulka 4.5 představující průměrné hodnoty množství energie dopadající za měsíc, případně za rok.[2]

Tabulka 4.5 skutečné  $Q_{SM}$  za měsíc a za rok

$Q_{SM} (\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{měsíc}^{-1})$							
Měsíc	$\alpha (^{\circ})$						
	$0^{\circ}$	$15^{\circ}$	$30^{\circ}$	$45^{\circ}$	$60^{\circ}$	$75^{\circ}$	$90^{\circ}$
VI	148,4	158,1	161,7	156,2	137,4	104,3	69,8
XII	4,7	5,7	10,2	11,7	13,0	13,4	13,5
za rok	850	970	1050	1060	980	860	703

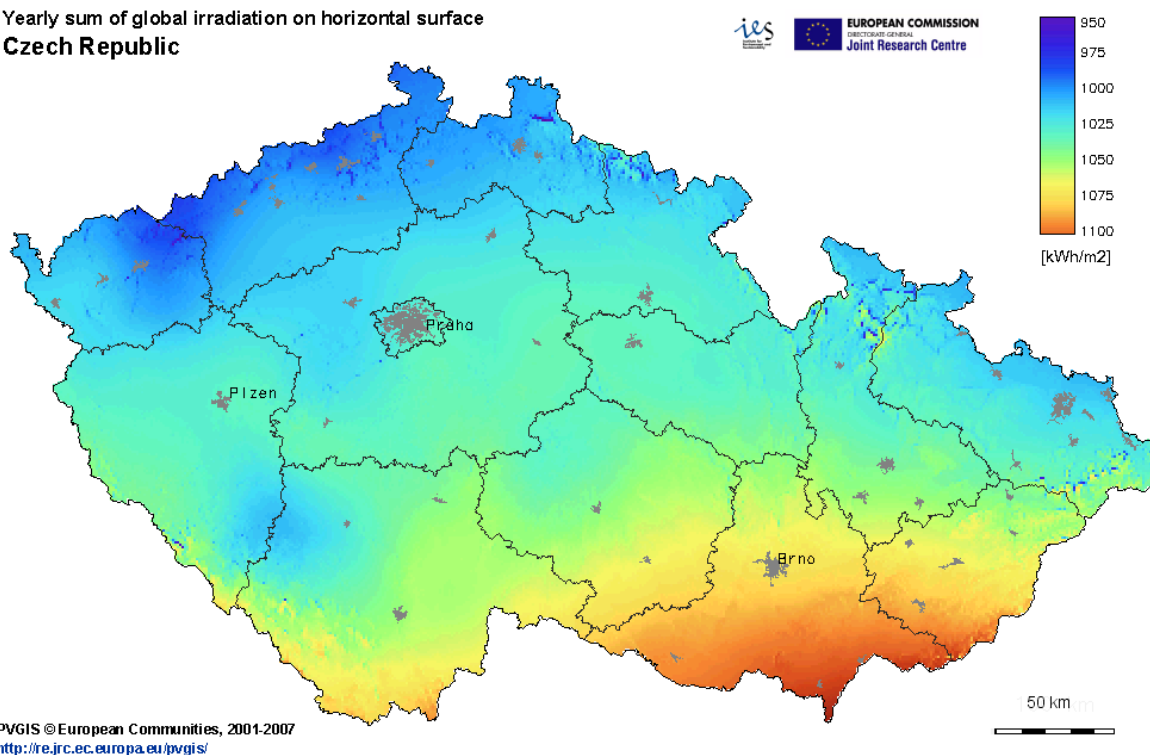
Z uvedených údajů lze odvodit průměrnou celoroční intenzitu slunečního záření

$$I_{CR} = \frac{1000}{24 \cdot 365} = 0,115 \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}, \text{ v zimě však klesá na minimální hodnotu}$$

$$I_Z = \frac{13}{24 \cdot 30} = 0,026 \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}. \text{ Letní maxima } I_L = 0,230 \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}. [2]$$

#### 4.6. INTENZITA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ V ČR

Yearly sum of global irradiation on horizontal surface  
Czech Republic



Dle obrázku lze vidět, že intenzita slunečního záření se nám zvyšuje směrem k jihu a s největší intenzitou se setkáme na rovníku. Ve výpočtové oblasti se intenzita slunečního záření pohybuje okolo  $1025 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ . [7]

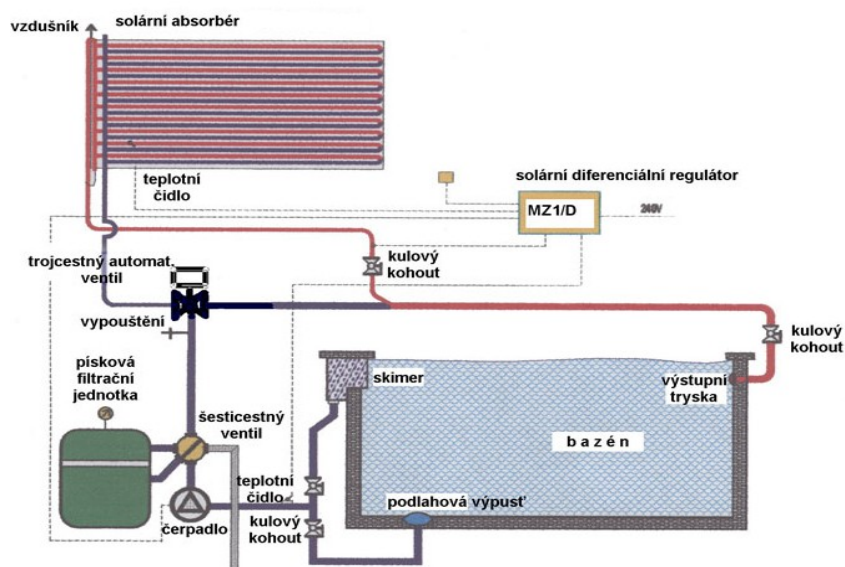


## 5. OHŘEV BAZÉNOVÉ VODY

Ohřev vody ve venkovních bazénech v letním období je z čistě technického hlediska téměř ideální aplikace solární energie:

- Voda v bazénu se ohřívá jen v měsících, kdy je relativní dostatek slunečního svitu.
- Nehrozí zamrznutí, a proto lze z pravidla ohřívat vodu přímo bez použití výměníku tepla.
- Voda se ohřívá jen na teplotu o málo vyšší, než je teplota vzduchu.
- Není třeba používat zásobník tepla, bazén je sám o sobě dostatečně velkým zásobníkem.
- Často lze využít existující cirkulační čerpadlo filtračního zařízení pro oběh vody skrz kolektory.
- Zpravidla se obejdeme bez dalšího zdroje tepla, protože v době, kdy delší dobu nesvítí slunce a je chladno, prostě bazén nevyužíváme.

Je tedy zřejmé, že ohřev bazénové vody klade na solární systém požadavky v mnoha směrech mírnější než ohřev teplé užitkové vody pro domácnost. Nejdůležitější rozdíl je v teplotě, tj. v tom, o kolik stupňů je vodu třeba ohřát. Teplota bazénu nemusí být vyšší než zhruba 24-26°C. Po většinu času, kdy bazén využíváme, je teplota okolního vzduchu jen o málo nižší, než je teplota ohřívané bazénové vody (často ji dokonce i převyšuje). Pokud jde o venkovní bazén, tak tam se zpravidla ohřívá voda jen v období od května do září a v této době teplota neklesá pod bod mrazu, a není proto třeba do kolektorů používat nemrznoucí směs. V bazénu je vždy filtrační zařízení s čerpadlem, které se zpravidla dá použít k přímé cirkulaci bazénové vody skrz solární kolektor a získané teplo také není třeba ukládat do nějakého zásobníku, samotný bazén zde představuje zásobník tepla o velké kapacitě. To nám umožňuje celý systém podstatně zjednodušit a zlevnit. Schéma typického systému pro ohřev venkovního bazénu je na obr. 5.1.



Obr. 5.1. Solární zařízení s automatickým trojcestným ventilem.

Také kolektor, který se na ohřev použije, je výrazně jednodušší a díky tomu i levnější. Tím, že vodu ohříváme jen málo nad teplotu okolního vzduchu, není třeba absorbér zakrývat sklem (nezakrytý absorbér má dokonce větší účinnost). Kanálky nebo trubky absorbérovi mohou být z plastu, protože díky nepřítomnosti zasklení nehrozí jejich zahřátí na příliš velkou teplotu, a také nepotřebujeme mít na absorbérovi selektivní povrch. Plast je dokonce výhodnější než obvykle používaná měď, ta totiž ve vodě s obsahem chlornanu (dezinfekce) může korodovat. Ceny absorbérů jsou proto podstatně příznivější, než je tomu u kolektorů na ohřev teplé užitkové vody. Dnes používané plastové absorbéry stojí méně než 2 500 Kč za m<sup>2</sup>. Kolektory běžně používané pro ohřev teplé užitkové vody, jsou přibližně čtyřikrát dražší.

Cena solárního systému je důležitá, protože pro ohřev vody v bazénu nelze získat dotaci od Státního fondu životního prostředí. Solární systém pro ohřev vody v bazénu zpravidla nenahrazuje ohřev například elektrickým proudem, tepelným čerpadlem nebo plynem. [3]

## 5.1. DIMENZOVÁNÍ SYSTÉMU

Bazén ztrácí teplo nejvíce odparem z hladiny, při dimenzování se proto vychází z této plochy. Pro venkovní bazény, které jsou v době, kdy se nepoužívají, zakryté například fólií, se osazuje plocha absorbérů rovna zhruba polovině plochy bazénu.

Pro venkovní bazény nezakryté jsou to přibližně tři čtvrtiny. Pokud je bazén ve stínu a neuplatní se tedy přímý ohřev dopadajícím slunečním zářením nebo nelze zvolit optimální sklon a orientaci absorbéru ( $15-45^\circ$  a orientace na jih-jihozápad), může se plocha absorbérů rovnat ploše bazénu nebo jí dokonce převýšit. [3]

## 6. DRUHY KOLEKTORŮ

V dnešní době je množství kolektorů na našem trhu značné a vyčerpávající přehled by byl příliš rozsáhlý. Situace je navíc komplikovaná tím, že různé firmy prodávají stejný kolektor (z dovozu) pod různými názvy. Proto jsem vybral hlavně kolektory vyráběné nebo dovážené českými firmami. [3]

### 6.1. PLASTOVÉ ABSORBÉRY

Při ohřevu vody ve venkovním bazénu je často teplota vzduchu jen nepatrně nižší než střední teplota bazénové vody a tepelné ztráty kolektu jsou tedy nevýznamné. V takovém případě by vedlo zakrytí absorbéru sklem ke snížení výkonu, protože by se snížila intenzita dopadajícího záření. Používají se proto holé absorbéry bez jakéhokoliv zakrytí a tepelné izolace. Podobně zbytečně by byl i selektivní povrch, navíc by měl i trochu nižší pohltivost slunečního záření.

Pro ohřívání vody v bazénu také potřebujeme dost velké plochy kolektorů (srovnatelné s plochou hladiny bazénu), a tudíž by měly být levné. Pokud chceme cirkulovat bazénovou vodu skrz kolektory přímo, bez použití výměníku, pak je třeba, aby měly i dobrou korozní odolnost, v bazénové vodě je přítomen velmi reaktivní chlor. Nejběžnější bazénové kolektory jsou proto vyráběny z plastu. Na našem trhu se setkáme s následujícími typy:

- Plastové absorbéry TPA 020 firmy Ekosolaris Kroměříž, patří mezi nejstarší výrobky na našem trhu. Jsou tvořeny speciálně tkanou textilií, vytvářející systém kanálků, opatřenou vrstvou černého PVC.
- Soladur „S“ - vyroben z polypropylenu černé barvy s UV-filtrem a je povětrnostně stálý. Tento absorbér má rovněž kanálky, které nahoře a dole ústí do sběrného prostoru (obr. 6.1.2).
- Plastové kazety KM Solar - jde o zajímavý modulární systém celoplastových panelů (kazet) z vysokohustního polyetyleny. Jednotlivé kazety se spojují pomocí těsnících O kroužků do větších celků (obr. 6.1.1).
- Enersol – trubicové absorbéry ze speciální gumy odolné vůči UV záření.[3]



obr. 6.1.1 plastové kazety KM Solar [8]



obr. 6.1.2 plastový absorbér Soladur S[9]

## 6.2. DALŠÍ TYPY ABSORBÉRŮ

Všichni jsme se už setkali s různými typy ohřevu bazénů, od barelů natřených černou barvou, až po hadice natažené okolo zahradního plotu. Kromě těchto domácí vyrobených absorbérů je zde mnoho typů pracujících na stejném principu, a proto se pokusím některé z nich vytýčit. Například internetová firma hawaj.cz nabízí na svých stránkách kruhový kolektor pracující na principu stočené hadice v kulovitém pouzdru (obr. 6.2.1), který je schopen ohřát 7 500 litrů vody při slunečném dni až o 3°C a kolektory se dají propojovat do série pomocí jednoduchých propojek.



Obr. 6.2.1 kruhový kolektor[10]



Obr. 6.2.2 solární kruh [11]

Teplotu v bazénu může udržovat nebo i dokonce zvyšovat pomocí tzv. solárních kruhů (obr. 6.2.2), které na náš trh dováží firma Cornis s.r.o. Tyto kruhy pracují na principu ohřevu mimo hladinu bazénu a po prohřátí se pokládají na hladinu bazénů, toto řešení se používá pro nezakryté bazény.

## 7. BILANČNÍ A KAPACITNÍ VÝPOČTY

Pro zajištění požadované teploty vody v bazénu je třeba dodávat energii, jejíž množství, je rozdílem mezi energetickými ztrátami a energetickými zisky bazénu.

Energetické ztráty bazénu závisí především na požadované teplotě vody v bazénu. Zvýšení teploty o 5 stupňů může vést k zvýšení spotřeby energie až o 100%. Na druhé straně závisí spotřeba energie na klimatických podmínkách (teplotě, vlhkosti a rychlosti větru), které ovlivnit nemůžeme. Při rychlosti větru  $10\text{m.s}^{-1}$  mohou ztráty vzrůst až o 300%. Nejvýznamnější energetickou ztrátou je výpar vody z hladiny, ostatní položky jako jsou konvekce do vzduchu a radiace do noční oblohy jsou méně významné.

Energetické zisky bazénu jsou s dopadajícího slunečního záření. Voda pohlcuje zejména dlouhovlnné záření, světlo kratších vlnových délek proniká do velké hloubky a vodu neohřívá. Tmavé stěny bazénu by mohly zachytit zbývající část energie, kterou voda neabsorbuje. Otázkou však je, nakolik je přijatelné, aby stěny a dno bazénu byly natřené černou barvou. [12]

V ročním úhrnu dopadá největší množství slunečního záření na plochu se sklonem  $30^\circ$  orientovanou na jih, viz tab. 10.1 v příloze. Z tabulky lze vidět, že pro provoz pouze v letní sezóně je optimální sklon kolektoru nižší, dobře vyhoví i vodorovná plocha. Větší vliv na energetické zisky může mít zastínění okolními budovami nebo stromy.

Níže uvedené výpočty se vztahují ke dni 9. července, v rozmezí patnácté až šestnácté hodiny. Úhel sklonu plochy absorberu, na níž dopadá sluneční záření je roven  $30^\circ$ . Absorbér je orientovaný směrem na jih, z důvodů nejvyššího tepelného zisku.

Hodnoty k výpočtům mám od vedoucího mé bakalářské práce, který je získal od českého meteorologického úřadu. Následně jsem za pomoci programu Microsoft Excel hodnoty zpracoval pro jednotlivé hodiny od začátku května do konce září. Níže uvedené výpočty jsou ukázkou výpočtů pro jednu hodinu provozu systému.

### 7.1. ZTRÁTA TEPLA VÝPAREM VODY Z HLADINY

Ztráta tepla výparem vody z hladiny je nejvyšší, protože při vysokých teplotách dochází k vypaření až dvaceti litrů vody, která se musí poté znovu dopustit a ohřát. Nejúčinnější způsob snížení této ztráty, je zakrytí hladiny bazénu pevnou plachtou, což může tuto ztrátu snížit až o 20%. [4]

$$P_e = 0,0643 \cdot AF \cdot A_p \cdot (1 + v_a) \cdot (p_{dw} - p_{da})$$

$$P_e = 0,0643 \cdot 1,224 \cdot 9,62 \cdot (1 + 3,09) \cdot (5167,6 - 1947,6)$$

$$P_e = 9\,971 \text{ Wh}$$

kde

AF – faktor aktivity, pro venkovní bazény

$$AF = 1,08 + 0,036 \cdot N$$

$$AF = 1,08 + 0,036 \cdot 4$$

$$AF = 1,224 [-]$$

$P_e$  – ztráta tepla výparem

$A_p$  – plocha hladiny bazénu

$v_a$  – korigovaná rychlost větru vztažená k hladině bazénu

$$v_a = v \cdot \left( \frac{h_b}{h_m} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$v_a = 5,5 \cdot \left( \frac{1}{10} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$v_a = 3,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v$  – rychlost větru

$h_b$  – výška hladiny bazénu

$h_m$  – konstantní výška měření rychlosti větru (10 m)

$p_{dw}$  – parciální tlak vodní páry na hladině vody

$p_{da}$  – parciální tlak vodní páry ve vzduchu

$N$  – počet plavců na 10 m<sup>2</sup> plochy bazénu



## 7.2. MNOŽSTVÍ ODPAŘENÉ VODY

$$m_{odp} = \beta \cdot A_p \cdot (p_{dw} - p_{da})$$

$$m_{odp} = 0,62 \cdot 9,62 \cdot (5167,6 - 1947,6)$$

$$m_{odp} = 19,33 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$m_{odp}$  – množství odpařené vody z hladiny bazénu

## 7.3. TEPLO DODANÉ PRO OHŘÁTÍ VODY PO VYPAŘENÍ

$$Q_{odp} = m_{odp} \cdot c \cdot (T_p - T_w)$$

$$Q_{odp} = \frac{19,33}{3600} \cdot 4,2 \cdot (33,44 - 14,57)$$

$$Q_{odp} = 426 \text{ Wh}$$

$c$  – měrná tepelná kapacita vody

## 7.4. ZTRÁTA TEPLA RADIACÍ

$$P_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_p^4 - T_{sky}^4) \cdot A_p$$

$$P_r = 0,95 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot ((273,15 + 33,44)^4 - (273,15 + 18,49)^4) \cdot 9,62$$

$$P_r = 830 \text{ Wh}$$

kde

$P_r$  – ztráta radiací

$T_p$  - teplota vody v bazénu

$T_{sky}$  - teplota oblohy

$T_a$  – teplota vzduchu

$T_{adp}$  - teplota rosného bodu vzduchu

## 7.5. ZTRÁTA TEPLA KONVEKCIÍ

$$P_c = \alpha \cdot A_p (T_p - T_a)$$

$$P_c = 10,9,62(33,44 - 31,95)$$

$$P_c = 144 \text{ Wh}$$

kde

$P_c$  - ztráta konvekcií

$\alpha$  – součinitel přestupu tepla na hladině vody

## 7.6. TEPELNÉ ZTRÁTY BAZÉNU

$$P = P_e + P_r + P_c$$

$$P = 9\,971 + 830 + 144$$

$$P = 10\,945 \text{ Wh}$$

$P$  – celková ztráty

## 7.7. STANOVENÍ SKUTEČNÉHO MNOŽSTVÍ DOPADAJÍCÍHO ZÁŘENÍ NA PLOCHU DANÉ ORIENTACE

$$Q_z = Q_{sys} \cdot \eta$$

$$Q_z = 14,722 \cdot 0,8$$

$$Q_z = 11\,778 \text{ Wh}$$

$Q_{sys}$  – energie získaná kolektory

$\eta$  – účinnost absorberu

## 7.8. OKAMŽITÁ EFEKTIVITA SYSTÉMU

$$\xi = \frac{Q_z}{P}$$

$$\xi = \frac{11\,778}{10\,945}$$

$$\xi = 1,08 > 1$$

$\xi$  – efektivita systému

$Q_z$  – zisk systému

$P$  – ztráty bazénu

Když je efektivita systému větší než 1, poté je schopen pokrýt tepelné ztráty bazénu.

## 7.9. STANOVENÍ AKTIVNÍ PLOCHY ABSORBÉRU

$$S' = n * S$$

$$S' = 2 * 1,4$$

$$S' = 2,8 \text{ m}^2$$

$S'$  – celková plocha absorberu

$n$  – počet absorberů

$S$  – aktivní plocha absorberu

Z výše uvedených výpočtu vyplývá, že v tomto období je solární zisk absorberu větší než ztráty bazénu, proto nám teplota vody stoupá (viz teplotní křivky v příloze).

#### 7.10. MAXIMÁLNÍ SEZÓNÍ ZISK

$$Q_{max} = \sum_5^9 Q_z = 1\,975\, kWh$$

#### 7.11. SKUTEČNÝ SEZÓNÍ ZISK

$$Q_{sz} = \sum_5^9 Q_z = 1\,872\, kWh$$

Protože je systém regulován na teplotu nepřesahující 32°C, tak je skutečný zisk systému menší.

#### 7.12. TEPLOTA VODY V BAZÉNU

$$T_p = T_{p-1} + \Delta t$$

$$T_p = 32,91 + 0,26$$

$$T_p = 33,44\, ^\circ C$$

$T_{p-1}$  – teplota vody v bazénu v předcházející hodině

$\Delta t$  – rozdíl teplot

#### 7.13. STŘEDNÍ TEPLOTA KOLEKTORU

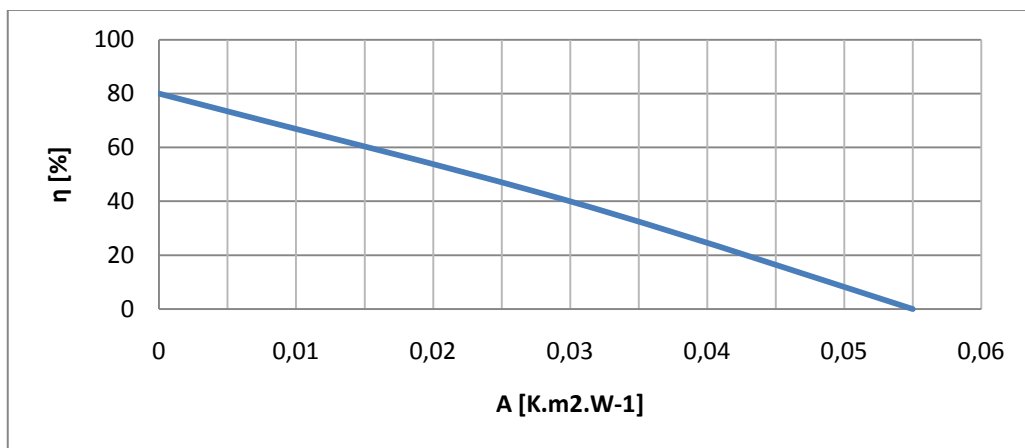
$$t_{stř} = \frac{T_p + T_{p-1}}{2}$$

$$t_{stř} = \frac{33,44 + 32,91}{2}$$

$$t_{stř} = 33,18\, ^\circ C$$

$t_{stř}$  – střední teplota kolektoru

#### 7.14. ÚČINNOSTNÍ CHARAKTERISTIKA ABSORBÉRU



## 8. EKONOMICKÉ A ENVIROMENTÁLNÍ ZHODNOCENÍ

### 8.1. CENA SYSTÉMU

Součást	Označení	Počet	Celková cena [Kč]
Absorbér	TPA 010 KR	2 ks	5120
Mikroprocesorová regulace	uTeR-05disp	1 ks	2544
Teplotní čidlo	uTeR- 8 mm	1 ks	185
Sací hadice 25mm	1“	20 m	1200
Kovová stahovací páska	FAT/1	4 ks	42
Celková cena			9091
<b>Celková cena s 19 % DPH</b>			<b>10 18</b>

### 8.2. SROVNÁNÍ CEN SYSTÉMŮ

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že cena solárního systému a náklady na jeho provozování jsou vůči ostatním systémům nesrovnatelně menší. Musíme ale uvažovat, že tyto zařízení máme většinou už v domácnosti nainstalované pro vytápění domu nebo ohřev TUV, proto by se dalo říci, že počáteční náklady budou oproti solárnímu systému nulové, dále se ale nabízí níže uvedené srovnání paliv, protože na rozdíl od solárního systému, kde využíváme potenciální energii slunce, v ostatních systémech potřebujeme pro vytápění různá paliva a zde je největší úspora oproti ostatním řešením.

V tabulce není porovnání s tepelnými čerpadly, protože cena tohoto řešení je příliš vysoká a nepříliš vhodná, proto je zde vynecháno.

*Tabulka 8.2 srovnání různých systémů z hlediska ceny, životnosti a nákladů [13]*

Typ zařízení	Cena Zařízení [Kč]	Životnost [roky]	Náklady na provoz 7 GJ [Kč]
Textilněplastový absorbér TPA 010	10 000	10	0
Dakon DOR 12	18 600	30	Dřevo 1836 Uhlí 2531
Dakon DALINE PTE	15 490	15	Elektrina 8667
Dakon Dagas 02 24 RK	18 960	10	Plyn 6312

### 8.3. NÁVRATNOST

Díky tomu, že sezónní náklady jsou minimální, tak při ceně systému, která se pohybuje okolo 11 000 korun, je návratnost projektu dle výpočtu uvedeného níže 1,3 roky tj. 16 měsíců. Tato návratnost je stanovena vzhledem k využití ohřevu vody pomocí elektrické energie (topné spirály). Musíme zde ale podotknout, že co se týče účinnosti systémů, je vytápění elektrickou spirálou efektivnější, protože u ohřevu vody pomocí solárního záření jsme omezeni počasím.

Jediné náklady, které se u tohoto typu ohřevu vyskytují, jsou náklady spojené se spotřebou oběhového čerpadla a mikroprocesorové regulace. Tyto náklady jsou vyčísleny na 200 korun ročně. Návratnost systému je srovnávána s ohřevem vody pomocí elektrické energie.

$$n_s = \frac{N_C}{N_U - N_P}$$

$$n_s = \frac{10\,818}{8837 - 200}$$

$$n_s = 1,3 \text{ roky}$$

$n_s$  – návratnost systému

$N_C$  – celkové náklady

$N_U$  – ušetřené náklady

$N_P$  – provozní náklady

### 8.4. SROVNÁNÍ Z HLEDISKA CENY PALIVA

Potřeba paliva je jedna z nevýhod konvekčních řešení oproti solárnímu ohřevu, protože náklady na paliva jsou v dnešní době vysoké. Významný je rovněž aktuální trend trhu s energií. Ceny energií z konvenčních zdrojů rostou v posledních letech o více než 10% ročně. Dále u pevných paliv přichází potřeba jeho uskladnění, na které potřebujeme nemalé prostory.

Tabulka 8.4 porovnání paliv z hlediska spotřeby a ceny[14]

Druh paliva	Spotřeba paliva	Náklady na provoz Kč]
Hnědé uhlí	707 Kg	2051
Černé uhlí	551 Kg	2645
Koks	411 Kg	3490
Dřevo	639 Kg	1918
Dřevěné brikety	549 Kg	2635
Dřevěné pelety	484 Kg	2277
Štěpka	700 Kg	1400
Rostlinné pelety	486 Kg	1774
Obilí	458 Kg	1464
Zemní plyn	231 m3	6145
Propan	170 Kg	3560
Lehký topný olej	187 Kg	3464
Elektřina akumulace	2091 kWh	8837
Centr. zásobování teplem	7 GJ	2857

## 8.5. POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ Z ENVIROMENTÁLNÍHO HLEDISKA

Moderní energetické zdroje musí respektovat stále se zpřísňující požadavky na energetické zdroje z hlediska vlivu na životní prostředí, tzn. na zatížení ovzduší emisemi, které tyto zdroje produkují. V poslední době se objevil i další faktor, který tyto zdroje musí respektovat, a to je trend omezování produkce CO<sub>2</sub>. Tento trend je důsledkem mezinárodních závazků, které požadují omezování podílu uhlíku z fosilních paliv využívaného pro získávání tepla a elektrické energie.

Nulové emise jsou jedny z nejdůležitějších předností ohřevu vody pomocí slunečního záření. Nejen, že nepotřebujeme žádné palivo, ale také při tepelné reakci nevznikají žádné škodlivé látky.

*Tabulka 8.5 měrné emise v kg/MWh tepla obsažené v palivu*

<b>Druh paliva</b>	<b>CO<sub>2</sub>/MWh</b>
Hnědé uhlí	360
Černé uhlí	330
Těžké topné oleje	270
Lehké topné oleje	260
Zemní plyn	200
Biomasa	0
Elektřina	1170

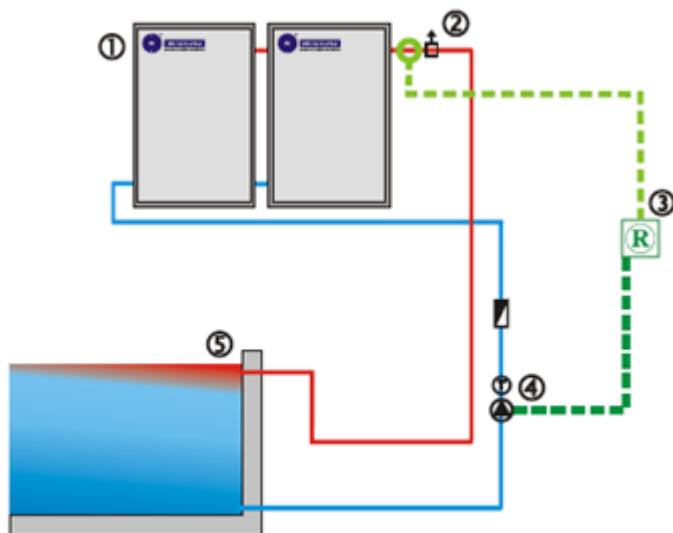
Při výpočtu CO<sub>2</sub> byla využita vyhláška 425/2004. Emise CO<sub>2</sub> vznikající při spalování biopaliv jsou nulové.



## 9. NÁVRH SYSTÉMU

Jak už bylo výše zmíněno, je systém instalován směrem na jih se sklonem 30°, proto aby bylo možno pokrýt ztráty a zároveň využít nejvyšší potenciál slunečního záření.

### 9.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ



1 – kolektorová plocha (2 absorbéry zapojené paralelně), 2 – odvzdušňovací ventil, 3 – elektronická regulace, 4 – oběhové čerpadlo, 5 – bazén [15]

### 9.2. TECHNICKÁ SPECIFIKACE KOLEKTORU

Tabulka 9.2 technické specifikace absorbéru TPA 010[16]

Textilně plastový absorbér TP 010	
Výška	1400 mm
Délka	1000 mm
Tloušťka	5 mm
Plocha	1,4 m <sup>2</sup>
Aktivní plocha	1,3 m <sup>2</sup>
Hmotnost	2,7 kg
Hmotnost s vodní náplní	6 kg
Doporučený pracovní přetlak	40 kPa
Maximální pracovní přetlak	60 kPa
Specifický objemový průtok	140 l/hod
Max. teplota topného média	90°C
Max. vnější tepelné namáhání	110°C
Min. okolní teplota	-30°C
Provozování – voda	0°C - 90°C

### 9.3. PROVOZOVÁNÍ SYSTÉMU

Solární systém se bude moci dát provozovat v období od května do září, dle teplotní křivky, která je uvedena v příloze. V tomto období venkovní teploty neklesají pod bod mrazu a solární záření je natolik intenzivní, aby se dali pokrýt tepelné ztráty a zároveň se dala zvýšit teplota vody v bazénu na optimální hodnotu.

Z důvodů velkých tepelných ztrát odparem vody z hladiny a hygienických předpisů musíme počítat s dopouštěním vody. Z předchozích výpočtů víme, že při slunečných dnech je odpar z hladiny až 20 litrů za hodinu a dle hygienických předpisů musíme obměnit denně na 1 osobu 20 litrů vody. Celkové množství vody v systému se proto rovná součtu těchto složek a musíme počítat s dopouštěním tohoto množství vody do systému.

Pokud už bazén vlastníte, poté ho už doplníte jen o solární absorbéry, protože k cirkulaci vody použijeme oběhové čerpadlo bazénu, které by mělo výkonově postačit. Z teplotních křivek uvedených v příloze vidíme, že někdy je záření tak intenzivní, že teplota vody v bazénu může přesahovat hodnotu 35°C. Tak vysoká teplota už není vhodná pro koupání v letních měsících, proto musí být součástí solárního ohřevu vody i řídicí jednotka, která nám způsobí, že při překročení určité teploty (v tomto případě 32°C) vypne oběhové čerpadlo a tím dojde k přerušení cirkulace vody do oběhu.

Chod bazénového čerpadla je řízen elektronickou regulací. V tomto případě se jedná o jednočipovou regulaci, která vyhodnocuje teplotu v solárním kolektoru. Jakmile teplota v kolektoru přesáhne hodnotu 32°C, dojde k sepnutí oběhového čerpadla a ohřátá voda s kolektoru putuje systémem trubek do bazénu. V případě, že teplota poklesne pod 30°C se oběhové čerpadlo vypne a v kolektoru dojde k opětovné akumulaci tepla. K tomu, aby po vypnutí oběhového čerpadla nedošlo k vypuštění vody z absorbéru a jeho přehřátí, slouží zavodňovací smyčka, která je velmi důležitá z důvodu poškození absorbéru vlivem vysokých teplot.

Před zimním obdobím je nutné absorbér vypustit, a pokud není umístěn na nepřístupném místě, je vhodné jej uskladnit. Pro propojení absorbéru s bazénem se používají zahradní hadice nebo plastové potrubí.

Údržba systému je nenáročná, protože k čištění bazénu se používají nejrůznější prostředky, které průtokem vody celým oběhem čistí i samotný absorbér. Po zimním uskladnění je vhodné absorbér zbavit nečistot, které se mohly dostat dovnitř.

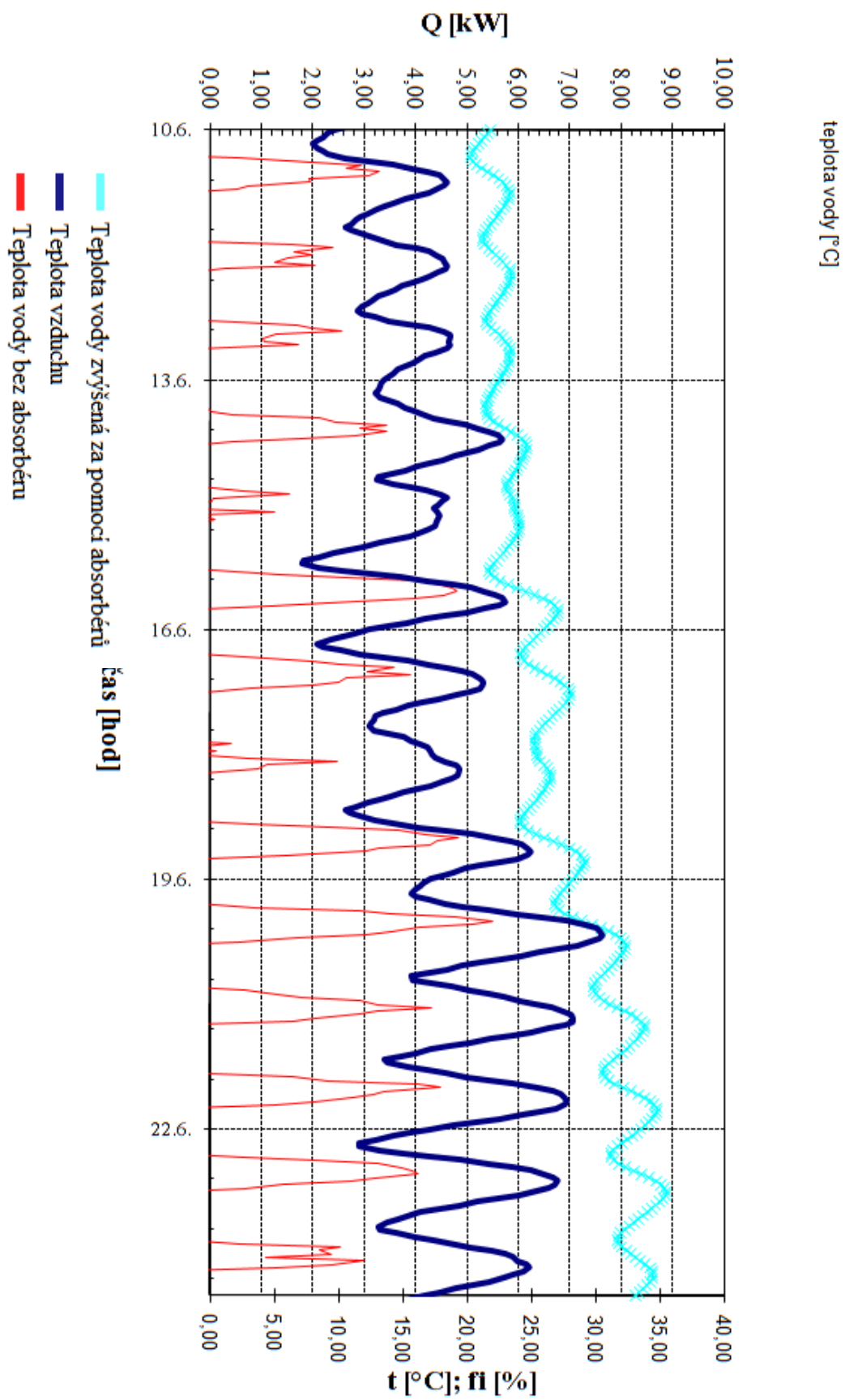
## 10. ZÁVĚR

Po seznámení s principem využití přímého slunečního záření, jsem z širokého výběru solárních absorbérů vybral textilně-plastový absorbér TP 010 firmy Ekosolaris, který se zdál být, co se týče ceny a instalace nejvhodnější pro venkovní bazény malého typu.

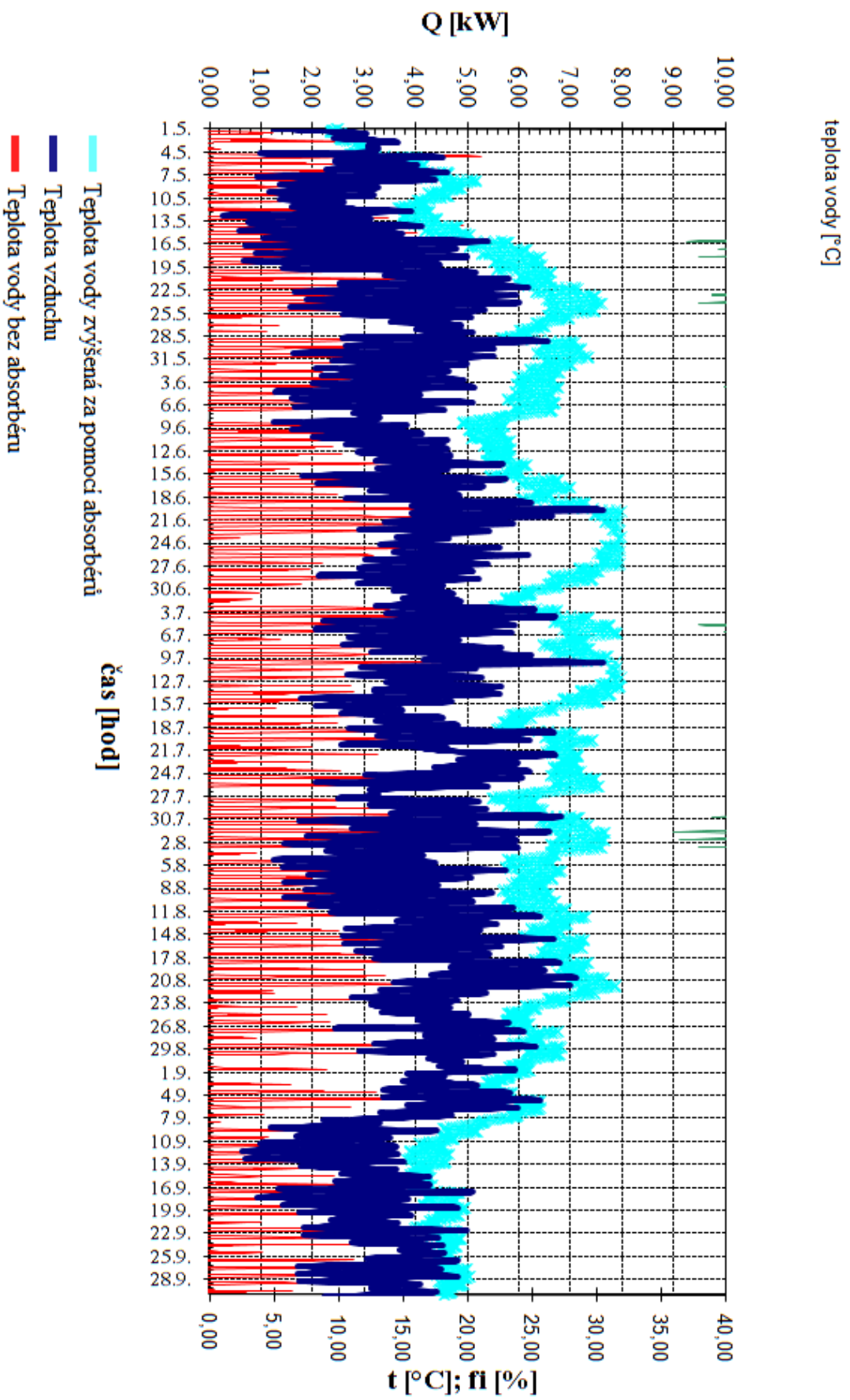
Po zvolení vhodného typu kolektoru jsem se zabýval dimenzováním systému a jeho správnou instalací. Dle tabulky 11.1 obsažené v příloze jsem zvolil optimální sklon a natočení absorbérů na jižní světovou stranu pod úhlem  $30^\circ$ , protože v této pozici lze docílit maximálního solárního zisku. Z výše uvedených výpočtů a literatury jsem zjistil, že kolektorová plocha by měla mít poloviční velikost vzhledem k hladině bazénu, proto jsem zvolil dva absorbéry o celkové aktivní ploše  $2,8 \text{ m}^2$ . Tato plocha, jak lze vidět v příloze z teplotních grafů a dle výpočtů, je dostačující proto, aby byla schopna pokrýt tepelné ztráty bazénu v období od začátku května do konce září. Tím se prodlouží koupací sezóna až o dva měsíce, což bylo hlavním cílem této práce.

Z ekonomického hlediska je systém velmi výhodný a návratnost nákladů je stanovena na 16 měsíců ve srovnání s elektrickým ohřevem vody. Co se týče environmentálního zhodnocení, je systém zcela ekologický, protože využívá jen minimum energie pro chod mikroprocesorové regulace. Po skončení životnosti je recyklace systému velmi jednoduchá, protože jak lze vyvodit z názvu je textilně plastový absorbér vyroben pouze z textilie a plastu.

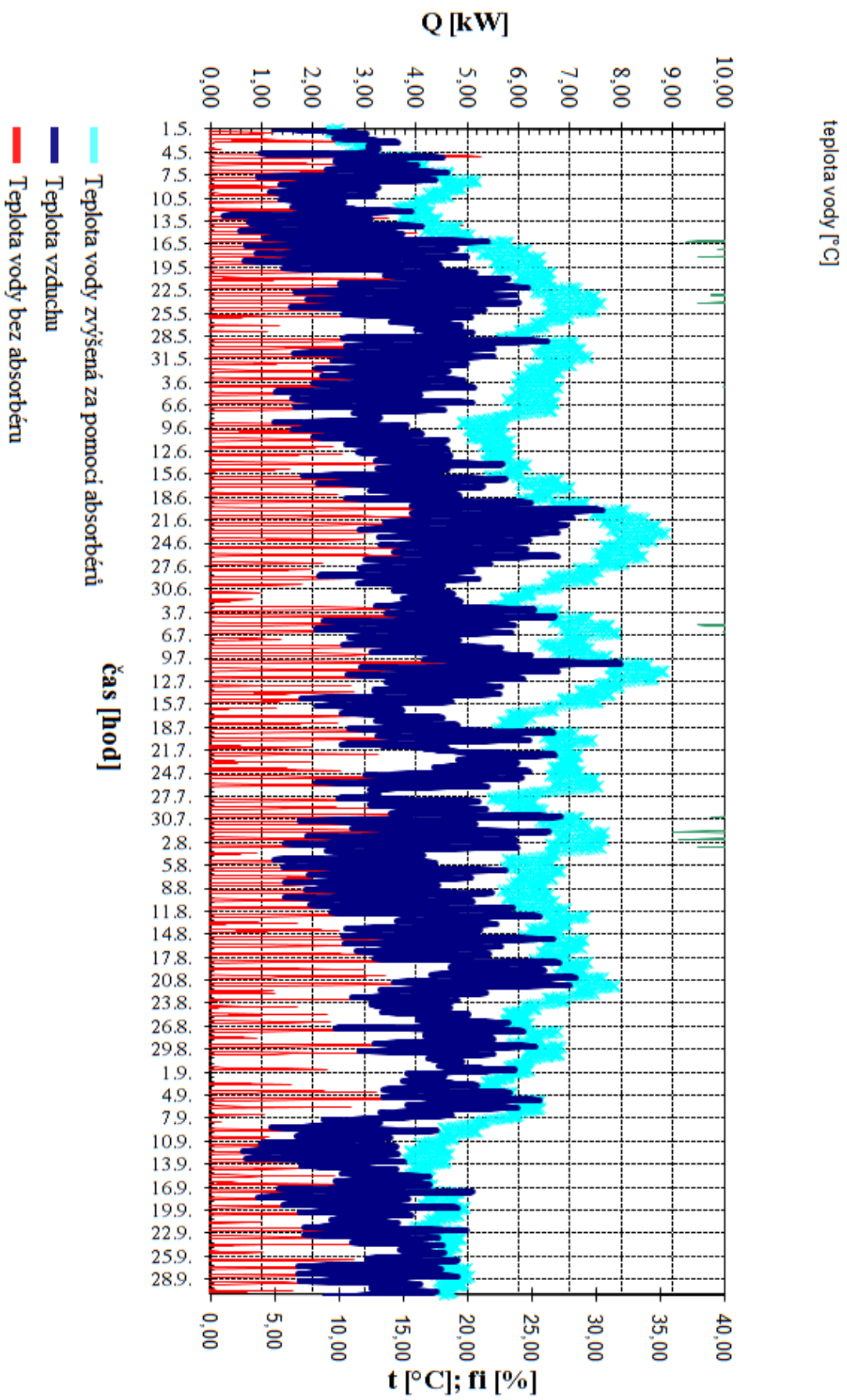
## 11. PŘÍLOHY



## Průběh měřených veličin - omezený zisk



## Průběh měřených veličin - maximální zisk



Tabulka 11.1 teoreticky možná energie dopadající za den na různé skloněné plochy, platí o 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry  $Z=3$

Úhel sklonu osluňené plochy $\alpha$	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících						
	XII	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluňené plochy $\pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
$0^\circ$	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
$15^\circ$	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
$30^\circ$	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
$45^\circ$	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
$60^\circ$	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
$75^\circ$	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
$90^\circ$	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31
Azimutový úhel osluňené plochy $\pm 15^\circ$							
$15^\circ$	1,51	1,99	3,41	5,42	7,35	8,75	9,42
$30^\circ$	2,08	2,70	4,23	6,12	7,61	8,72	9,29
$45^\circ$	2,70	3,16	4,79	6,42	7,42	8,22	8,55
$60^\circ$	3,10	3,49	5,06	6,28	6,98	7,16	7,13
$75^\circ$	3,15	3,68	4,87	5,96	6,23	5,85	5,61
$90^\circ$	3,01	3,45	4,45	5,34	4,89	4,32	4,09
Azimutový úhel osluňené plochy $\pm 30^\circ$							
$15^\circ$	1,41	2,02	3,39	5,32	7,12	8,76	9,42
$30^\circ$	1,94	2,58	4,08	5,90	7,55	8,65	9,28
$45^\circ$	2,44	2,90	4,51	6,20	7,33	8,08	8,55
$60^\circ$	2,63	3,04	4,70	6,10	6,99	7,38	7,52
$75^\circ$	2,72	3,07	4,53	5,53	6,17	6,15	6,04
$90^\circ$	2,61	2,98	4,45	4,79	4,90	4,45	4,42
Azimutový úhel osluňené plochy $\pm 45^\circ$							
$15^\circ$	1,36	1,69	3,30	5,38	7,26	8,86	9,43
$30^\circ$	1,85	2,30	3,82	5,67	7,32	8,50	8,93
$45^\circ$	2,08	2,52	4,15	5,69	7,10	8,08	8,20
$60^\circ$	2,29	2,59	4,14	5,52	6,58	7,35	7,21
$75^\circ$	2,35	2,64	3,98	5,22	6,03	6,34	6,15
$90^\circ$	2,19	2,54	3,57	4,80	4,97	4,95	4,90



## **12. POUŽITÁ LITERATURA**

### **KNIHY:**

- [1] CIHELKA, J. Solární tepelná technika. Praha : Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [2] KAMINSKÝ, Jaroslav; VRTEK, Mojmír. Obnovitelné a alternativní zdroje energie. Ostrava : Všb, 2002. 141 s.
- [3] MURTINGER, Karel; TRUXA, Jan. Solární energie : pro váš dům. 2. Brno : Era, 2006. 92 s. ISBN 80-7366-076-8.
- [4] SCHWARZER J., Průmyslová vzduchotechnika – Bazén
- [5] TURNER, W., C. Energy Management Handbook. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X.
- [6] HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol.. Solárna energia a jej využitie. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.

### **INTERNETOVÉ ODKAZY:**

- [7] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- [8] <http://www.km-system.cz/eshop/slnece-kolektory/km-solar-plast>
- [9] <http://www.zreklamy.cz/bazeny/solarni-ohrivac-bazenove-vody>
- [10] <http://www.hawaj.cz/solarni-ohrev-255.html>
- [11] <http://www.solarniohrevbazenu.cz/solarni-kruhy.html>
- [12] <http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/5400-solarni-ohrev-venkovnich-bazenu>
- [13] <http://www.ekosolaris.cz/solarni-page.php?ide=12>  
<http://www.dakon.cz/cs/Ceniky.html> <http://www.dakon.cz/cs/Ceniky.html>

- [14] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva>
- [15] [http://www.ekosolaris.cz/blob.php/bazen2.jpg?stranky\\_soubory=10](http://www.ekosolaris.cz/blob.php/bazen2.jpg?stranky_soubory=10)
- [16] <http://www.ekosolaris.cz/solarni-files.php?ids=3>